

CONTROLE DA QUALIDADE E AVALIAÇÃO DA DUREZA NO TRATAMENTO TÉRMICO DE GRANDES PEÇAS DE AÇOS FERRAMENTA¹

Renato Logiudice²
Edson Garcia Gomes³
Rafael Agnelli Mesquita⁴

Resumo

O foco do presente trabalho é mostrar a importância de se manter sob controle os processos de tratamentos térmicos das ferramentas industriais, para garantir as características mecânicas necessárias do aço e que influenciam grandemente seu desempenho. Notadamente foram estudados o comportamento dos aços VH13, VHSuper e Tenax 300 nos processos de tratamento térmico de têmpera e revenimento. O trabalho foi desenvolvido em duas etapas: Na primeira, realizada em laboratório, amostras dos aços foram submetidas ao tratamento térmico de têmpera recomendado pelo fabricante dos aços e logo após isso a duplo revenimento em várias temperaturas. Ensaio de impactos foram realizados para constatações das características de tenacidade dos materiais tratados em condições controladas. Na segunda etapa construiu-se adequadamente um experimento para simulação de uma ferramenta industrial de grande dimensão e nas regiões internas e superficiais foram colocados termopares que permitiram levantar as curvas de resfriamentos da ferramenta. Essas duas etapas foram necessárias para a mensuração dos valores controlados de dureza e tenacidade possibilitando assim comparar o comportamento dos aços estudados quando tratados em laboratório e em processos industriais isso para entender o efeito dos resfriamentos mais lentos das condições industriais.

Palavras-chave: Tratamento térmico; Aços ferramenta; Qualidade; Ferramentas de grande porte.

QUALITY CONTROL AND HARDNESS EVALUATION IN THE HEAT TREATMENT OF LARGE PARTS OF TOOL STEELS

Abstract

The focus of this work is to show the importance of keeping under control the process of heat treatment for industrial tools, to ensure that the mechanical characteristics of the steel needed and greatly influencing their performance. Notably we studied the behavior of steels VH13, VH Super and Tenax 300 in thermal treatment processes of quenching and tempering. The study was conducted in two stages: in the first, carried out in a laboratory scale, samples of steels were hardened in the recommended conditions to these grades, and immediately after double tempered at various temperatures. Impact tests were carried out for finding the characteristics of toughness of the materials treated under controlled conditions. In the second step aimed to simulate the behavior of large tools, heat treating samples in an industrial load. The surface and internal regions were probed with thermocouples, in order to lift cooling curves. These two steps were needed to measure the values of hardness and toughness controlled thus allowing to comparing the behavior of the studied steels, when treated in the laboratory and in industrial processes, understanding the effects of slower cooling under industrial applications.

Keywords: Heat treatment; Tool steels; Quality; Large tools.

¹ *Contribuição técnica ao 68º Congresso Anual da ABM - Internacional, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

² *Professor especialista. Universidade Nove de Julho – Uninove. São Paulo, SP, Brasil.*

³ *Mestre. Professor. Universidade Nove de Julho – Uninove. São Paulo, SP, Brasil.*

⁴ *Doutor. Professor. Universidade Nove de Julho – Uninove. São Paulo, SP, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

Os aços ferramenta para trabalho a quente encontram grande aplicação na fabricação de moldes e matrizes nas indústrias de forjamento, plásticos e fundição sob pressão, ou seja, em processos de conformação em alta temperatura. A presença desses elementos de liga no material mais o tipo de tratamento térmico são responsáveis pela obtenção das propriedades mecânicas especificadas como: tenacidade, resistência mecânica, dureza, usinabilidade, resistência a quente e corrosão.⁽¹⁾ Os principais aços para trabalho a quente são aços ASTM H11 e H13, aplicados a partir da década de 1950, sendo o H13 mais comum no Brasil. Recentemente, novos aços vêm sendo desenvolvidos, como os aços denominados comercialmente por VHSuper e Tenax 300, empregados regularmente no Brasil. As composições destes aços são mostradas na Tabela 1, conforme especificação da empresa Villares Metals.⁽²⁾

Tabela 1: Composição química nominal dos aços estudados no presente estudo, segundo o fabricante (2). Todos possuem dureza recomendada de uso de 40 a 50 HRC

AÇO	% C	% Si	% Cr	% Mo	% V	%Mn
H 13	0,40	1,00	5,20	1,30	0,9	
VH SUPER	0,36	0,30	3,80	2,50	0,5	
TENAX 300	0,37	0,0	5,00	1,40	0,4	0,30

Dentre as variadas características, o atendimento da propriedade de dureza e tenacidade é importante para evitar o desgaste, quebra ou deformações prematuras das ferramentas.⁽³⁾ A dureza é uma das propriedades mecânicas mais comumente analisada e controlada em ferramentas, por ser um indicador importante devido a sua correlação com a resistência mecânica do material.⁽⁴⁾ Porém, o efeito da dureza no desempenho depende do tipo da aplicação do aço ferramenta. Portanto as variáveis do processo de tratamento térmico como: temperatura, tempos, taxas de aquecimento e resfriamento, equipamentos utilizados assim como todos os recursos do processo envolvido, influenciam muito no desempenho e durabilidade da ferramenta.⁽⁵⁾

Processo de tratamento térmico de ferramentas é classificado como processo especial, pois para se ter a garantia da qualidade são necessários ensaios destrutivos o que inviabiliza sua prática devido ao alto valor agregado na construção desse ativo.⁽⁶⁾ Portanto, é importante a avaliação do comportamento de peças de grandes dimensões, as quais são empregadas em matrizes de conformação a quente. Por outro lado, poucos resultados existem neste sentido, sendo a maioria dos estudos construída em escala de laboratório. Em especial, para novos aços, o comportamento de tais materiais em grandes peças é ainda menos conhecido, a despeito das alterações de composição química que podem afetar os fenômenos de transformação de fase durante o tratamento térmico, microconstituintes formados e precipitação secundária, todos importantes para a resposta final ao tratamento térmico. Por exemplo, uma série de alterações microestruturais podem ocorrer com o resfriamento lento durante a têmpera de aços ferramenta, principalmente a precipitação de carbonetos pró-eutetóides em contornos de grão e a formação de bainita.⁽⁷⁾

Consequentemente, o presente trabalho objetivou caracterizar peças de dimensões semelhantes a blocos industriais, a partir de um aparato experimental que permitisse a obtenção de amostras sem a destruição das peças. Os primeiros resultados mostraram um comportamento em resposta ao revenido semelhante às

de amostras de laboratório, indicando que demais propriedades, como a tenacidade, devem também ser avaliada para indicar a diferença de comportamento em peças de grandes dimensões.

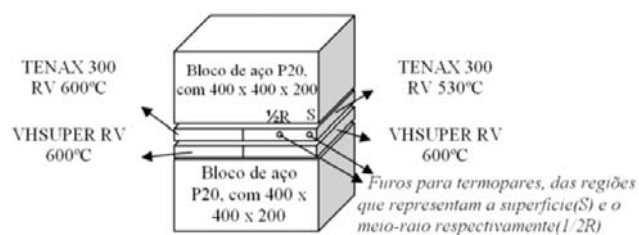
2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os tratamentos térmicos necessários para a análise dos resultados das características mecânicas de dureza objeto desse estudo foram à têmpera e em seguida o revenimento. Preparou-se compôs de prova para o ensaio de impacto conforme norma específica⁽⁸⁾ foi escolhida a dureza de 45 HRC, mais comum para estes aços ferramenta, para a escolha das respectivas temperaturas de revenimento na preparação para os ensaios de Charpy V.

Para o tratamento térmico de tempera e revenimento em laboratório, foram confeccionados corpos de prova do aço com dimensões de 15 x 20 x 25 mm³. As amostras foram aquecidas à temperatura de 1020 °C, recomendada para estes materiais,⁽⁷⁾ por trinta minutos em temperatura. Após, as amostras foram temperadas em a água, em temperatura ambiente, para o resfriamento em um tempo aproximado de três segundos. Logo após o tratamento térmico de tempera, as amostras foram submetidas a tratamentos térmicos de duplo revenimento nas condições de temperatura de 300°C, 400°C, 500°C, 550°C, 600°C, 625°C e 650°C durante o tempo de 2 horas cada. Após isso, as amostras foram submetidas a medições de dureza na escala Rockwel HRC com carga de 150 Kg. Para garantir a confiabilidade dos resultados, os experimentos foram cercados de cuidados necessários como: Calibração dos fornos, medições das temperaturas atingidas pelas amostras, medindo-se as temperaturas bem próximas a elas, controle das medições de dureza com a calibração do instrumento com padrões rastreados.

Para as amostras de grandes dimensões, a grande dificuldade desses experimentos está cortar e usinar os corpos de prova do material temperado (em alta dureza), após os experimentos em grandes massas. Assim, uma nova abordagem foi proposta: introduzir placas entre blocos de maiores dimensão de aço baixa liga. Esta última abordagem é mostrada na Figura 1, sendo chamada de “sanduíche”. Nos experimentos, termopares são adicionados nas regiões próximas às amostras, medindo a taxa de resfriamento, como mostrado na Figura 1b. Após a têmpera, as amostras sofreram um revenimento em forno industrial, a 600°C, para permitir o corte e usinagem dos corpos de prova. Os demais revenimentos foram feitos em fornos de laboratório, para permitir a comparação com as amostras tratadas também em laboratório.

As condições de tratamento térmico das peças em forno industrial foram semelhantes às de laboratório, com exceção do tempo de aquecimento e do tempo em temperatura de austenitização, que foi expressivamente maior para as amostras em laboratório, pelo aquecimento mais lento delas nos fornos. Por exemplo, o tempo no patamar de austenitização foi cerca de uma hora, ou seja, o dobro do realizado em laboratório. Isto foi realizado para manter a prática industrial, objeto de estudo do presente trabalho. Após, o material do conjunto mostrado na Figura 1 foi resfriado com gás nitrogênio a 6 bar de pressão, sendo monitorado a temperatura em função do tempo de resfriamento, conforme mostrado na Figura 2.



a)

b)

Figura 1: a) Tratamento das peças no formato de “sanduíche”: blocos de aço P20 colocado sobre as peças dos aços ferramenta em estudo. b) Detalhe dos furos e da colocação dos termopares. Ainda não publicado.

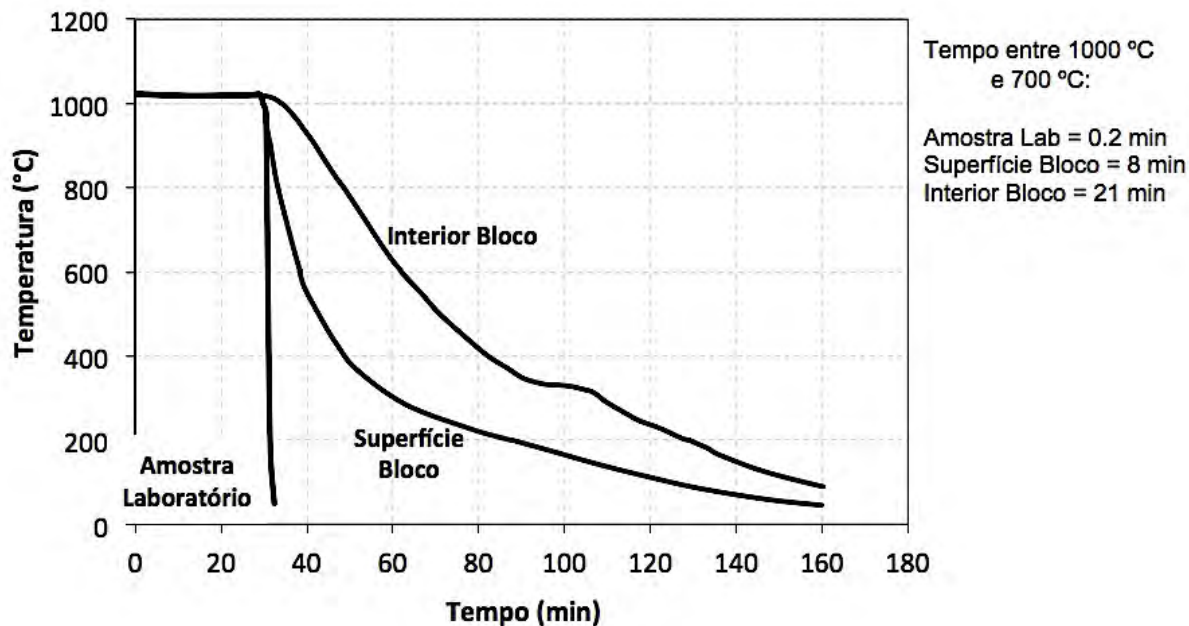


Figura 2: Curva de resfriamento obtida para as duas regiões (superfície e interior) das placas de aços ferramenta tratadas entre blocos de aço P20 (baixa liga). Em detalhe, é mostrado o tempo entre 1000 e 700 °C – a região sensível à precipitação de carbonetos em contornos de grão e, portanto, à fragilização do material.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os resultados obtidos das medições de dureza para as amostras de laboratório, foi plotado o gráfico da Figura 3. Comparando os dados obtidos aos

especificados, também para amostras de laboratório, pelo produtor do material (empresa Villares Metals,⁽²⁾), são observados resultados próximos, indicando uma boa prática experimental.

Esta curva teve comparada para a resposta ao revenimento do material resfriado rapidamente, de modo a explicar a diferença de precipitação secundária e, portanto, de dureza de revenido. Por exemplo, o patamar notado no resfriamento das regiões do interior do bloco na Figura 2 é típico de uma reação exotérmica de transformação de fase causadas pela formação de bainita. Assim, é esperada diferente quantidade de bainita e, conseqüentemente, diferentes propriedades mecânicas das amostras resfriadas rapidamente e do material resfriado em escala industrial.

Esta comparação foi realizada, para os três aços, conforme mostra a Figura 4. Durezas ligeiramente mais baixas são obtidas para os aços H13 e Tenax 300, entre 1 e 2 HRC, sendo provavelmente resultado de microconstituintes diferentes, ou seja, maior quantidade de bainita nas amostras industriais. Porém, para o aço VHSuper, o resultado foi o inverso. Maiores avaliações serão realizadas neste sentido, porém é possível especular que o maior tempo em temperatura de austenitização, da condição industrial em relação à amostra de laboratório, seja responsável por esta diferença: promovendo maior dissolução de carbonetos secundários e, assim, uma precipitação e conseqüente endurecimento mais intenso neste material.

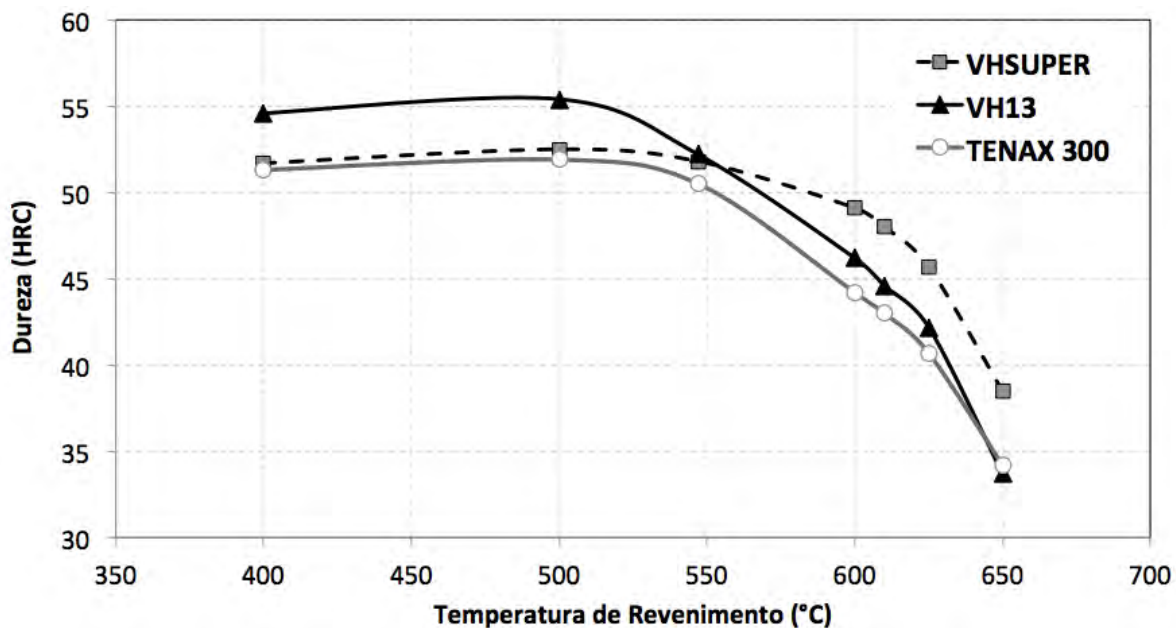


Figura 3: Curva da temperatura do duplo revenimento em função da dureza alcançada pela amostra do aço, levantada em laboratório.

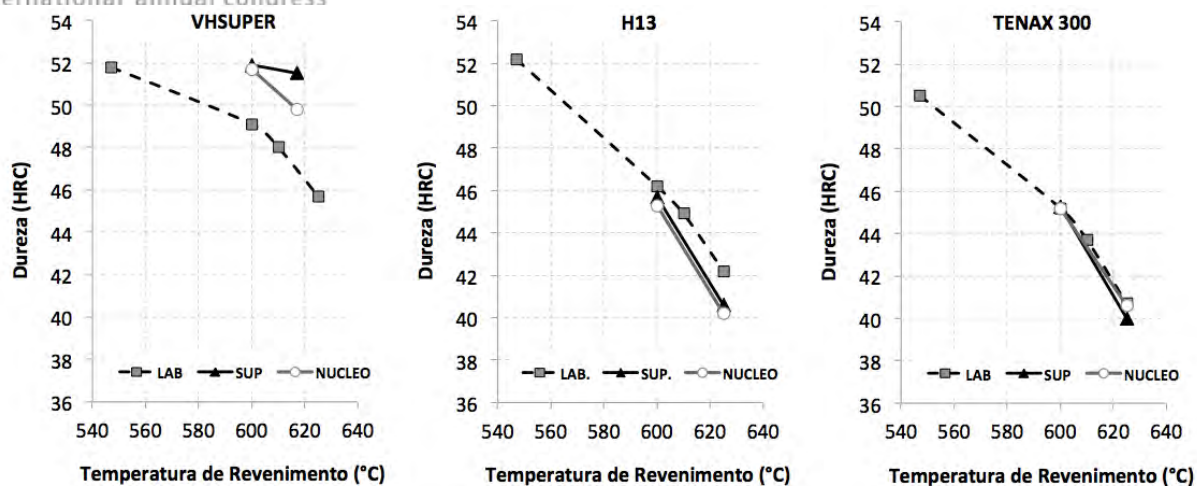


Figura 4: Dureza em função da temperatura de revenido para as amostras obtidas em laboratório (LAB) e em blocos industriais (SUP e NUCLEO). As indicações seguem a posição dos termopares, colocados na superfície e núcleo das amostras industriais, conforme a Figura 1.

Apesar da pequena diferença de dureza notada na Figura 4, variações mais expressivas são esperadas na tenacidade, comparando amostras de laboratório e amostras industriais, conforme resultados de análise de falhas de peças reais.⁽⁶⁾ Neste sentido, as curvas de revenimento acima obtidas serão utilizadas para tratamento térmico de corpos de prova de impacto nas duas condições, de laboratório e industriais. Para as amostras de laboratório estes resultados já foram obtidos, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2: Resultados dos ensaios de impactos em amostras experimentais: submetidas a dois revenimentos durante 2 horas, nas respectivas temperaturas, visando durezas de 45 HRC

RESULTADOS DO ENSAIO CHARPY V - AMOSTRAS EXPERIMENTAIS												
amostras	AÇO VHSUPER				AÇO TENAX 300				AÇO VH 13			
	1	2	3	MÉDIA	1	2	3	MÉDIA	1	2	3	MÉDIA
Temp.REVENIMENTO	630 °C				605 °C				630°C			
DUREZA HRC	44,4	44,6	44,7	44,6	45,5	44,5	44,9	45,1	45,1	44,9	44,8	44,9
IMPACTO J	22	20	22	21,3	44	42	50	45,3	22	22	20	21,3

5 CONCLUSÕES

A metodologia de tratamento industrial e comparação com resultados de laboratório mostrou ser possível. Os primeiros resultados mostraram que existem diferenças de resposta ao revenido, porém em pequenas proporções, sendo esperadas diferenças mais significativas na tenacidade, após ensaio de impactos em amostras submetidas a tratamento em condições industriais.

REFERÊNCIAS

- 1 BARBOSA, C. A. e Bacalhau, J. B., Aços para moldes para plástico com 40 HRC e elevada usinabilidade -10^o Encontro da Cadeia Produtiva de Ferramentas, Moldes e Matrizes- ABM -São Paulo – 2012- Villares)
- 2 VILLARES METALS.: www.villaresmetals.com.br – acesso 17/03/2013 às 17h42minh-link produtos aços trabalho a quente.
- 3 MESQUITA, R.A.; Leiva, D.R. e Barbosa, C.A., Estudos de tratamento térmico nos aços ferramenta VH13ISO e VF800AT. In: 3o Encontro da Cadeia Produtiva de Ferramentas, Moldes e Matrizes, São Paulo, Brasil, 10 a 12 de Agosto, 2005.

- 4 MESQUITA, R.A.; Barbosa, C.A., Uma avaliação das propriedades de desgaste e tenacidade em aços para trabalho a frio. In: 2o Encontro da Cadeia Produtiva de Ferramentas, Moldes e Matrizes, São Paulo, Brasil, ABM. 2004.
- 5 MESQUITA, R.A; Barbosa, C.A.; A importância da tenacidade em aços ferramentas para trabalho a frio. In: 4ª. Encontro da Cadeia Produtiva de Ferramentas, Moldes e Matrizes, 2 a 5 maio de 2006. Joinville, SC. Brasil, 2006;
- 6 ABNT NBR ISO 9001:2008 – Sistemas de gestão da qualidade – requisitos. - 8.2.3 - Monitoramento e medição de processos.
- 7 MESQUITA, R.A; França, L.C. Barbosa, C.A.; Análise de Casos e Aplicações de Aço Tenax 300 e VH SUPER.
- 8 ABNT NBR NM 281-1-2003, Ensaio de impacto por pêndulo Charpy e ABNT NBR NM 281-2-2003 – Calibração de máquinas de ensaios de impacto por pêndulo Charpy.